

Zur Quantifizierung von Macht und  
Machtallianzen – ein struktureller Ansatz in  
sozialen Netzwerken –

Andreas Dellnitz<sup>1</sup> and Wilhelm Rödder<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*FernUniversität in Hagen, Universitätsstraße 41, 58097 Hagen, Germany*

August 27, 2019

# 1 Einleitung

## 1.1 Historischer Abriss zum Machtbegriff

Macht ist ein zentrales gesellschaftliches Phänomen: Wer übt Macht auf wen aus, in welchem Umfang und mit welchen Mitteln. Laut Witte (2001) sind selbst "im Tierreich" ... "vielfältige Machtstrukturen zu erkennen", was auf evolutionstheoretische Grundlagen hinweisen mag. In unserem Kulturkreis stellt sich die Frage nach Macht und Ausübung von Macht seit Beginn; Begriffe mit verschiedenen etymologischen Wurzeln wie Potestas, Auctoritas, Potentia, Macht, Pouvoir oder Anweald belegen das. So sei laut Platon Machtausübung in der menschlichen Natur angelegt. Aristoteles fokussiert auf hierarchisch strukturierte Dominanzbeziehungen wie Sklaverei, Despotismus oder allgemein politische Herrschaft. Oft dienen Machtüberlegungen der Legitimation institutionell ausgeübter Macht/Gewalt: insbesondere bei Kirche und Staat. Abkehr von dieser engen Sichtweise finden sich dann z. B. bei Padua (Godthardt, 2017, S. 109), Ockham (Ottmann, 2004, S. 277 f.), Hobbes (Herb, 2008, S. 70 ff.), Marx (Massarrat, 2006, S. 30 f.). Sowohl Ockham als auch vertiefend Marx sehen bspw. das Eigentum/Kapital als Vehikel zur Machtausübung. Macht kann nach Witte (2001) in verschiedene Systeme

- nach Umfang (Individual-, Mikro-, Meso- und Makrosysteme) und
- nach Qualität (affektiv, kognitiv, konativ)

differenziert werden. Die Vielzahl von Systemkonstellationen münden dann in Mittelsätze sozialer Macht: Expertenmacht, Informationsmacht, Macht durch Zwang oder Belohnung etc.

Bei den bisher dargestellten Sichtweisen stand Messung von Macht weniger im Vordergrund. Jüngere Untersuchungen sozialer Beziehungen wählten das Hilfsmittel Soziale Netzwerke (SN) in Form von Graphen zur Visualisierung. Es war der aus der Wiener Schule stammende und im Jahr 1925 in die USA emigrierte Jakob Moreno, der in seiner Arbeit (Moreno, 1934) "Who shall survive: a new approach to the problem of human interrelations" diese Darstellungsform einführte. Sie ermöglichte dann die Messung struktureller Charakteristika von Elementen solcher Graphen wie Zentralität, Nähe usw. und führte später zum Versuch, auch Macht damit zu erfassen.

## 1.2 Macht in sozialen Netzwerken und Aufbau der Arbeit

Soziale Netzwerke sind Mengen von Akteuren und deren vielseitige Beziehungen zueinander. Graphen, Hypergraphen und Multigraphen sind anerkannte Darstellungsformen solcher Zusammenhänge. Eine erste Einführung bieten z. B. Jansen (2006), Scott (2000); der mehr mathematisch orientierte Leser sei verwiesen auf das Kompendium von Newman (2012). Credo der Sozialen Netzwerkanalyse ist es, Wichtigkeit, Prestige, Reputation oder Rollen von Akteuren zu erkennen und in ihrem sozialen Umfeld zu messen. Die bereits aufgeführten

Werke halten die entsprechenden Indizes bereit. Obwohl die Frage der Macht die Menschheit schon seit Jahrtausenden beschäftigt, taucht sie in der Sozialen Netzwerkanalyse erst seit den 1950er Jahren auf, siehe Lippitt et al. (1952). Ein rudimentäres Beschreibungsmodell von Machtbeziehungen findet sich bei Emerson (1962) und ausführlicher bei Zegler (1975). Die überaus interessanten Ansätze geben durchaus eine mögliche Explikation von Machtbereich, Machtmittel, Machtressourcen, Kosten der Machtausübung etc., liefern damit aber noch keine Blaupause für eine Machtquantifizierung in Netzwerken. Emerson (1962), Cook et al. (1983), Bonacich (1987) erkannten, dass die Quantifizierung eines sachlogischen Vehikels bedarf. Das Untersuchungsfeld der Austauschnetzwerke (Exchange Networks) war geboren. In Laborversuchen werden Probanden mit Mitteln ausgestattet, über deren Transfer sie miteinander verhandeln müssen. Die finale Mittelausstattung ist eine Funktion der Verhandlungsalternativen wie auch der Verhandlungskunst eines jeden Probanden. Die endgültige Mittelausstattung ist also hier Indikator für Macht. Bonacich setzt auf das Konzept der Reputations- bzw. Prestigebewertung von Katz (1953) in SN auf und erweitert es derart, dass die experimentell erarbeiteten Ergebnisse mathematisch berechenbar werden. Allerdings erfordert die Erweiterung eine schwierige Kalibrierung. Bozzo und Franceschet (2016) erkennen – vielleicht in Anlehnung an Emerson – auf S. 76, dass "an actor is powerful if it is connected to powerless actors". Die mathematische Umsetzung dieser Grundidee führt jedoch zu aufwändigen numerischen Rechnungen. Weiterhin ist die strenge Anforderung in Gleichung (2), nämlich der Reziprozität von Macht und Machtlosigkeit, zumindest zweifelhaft.

Neben den bereits angesprochenen Versuchen, Macht begrifflich zu fassen und zu messen, findet man in der Literatur natürlich auch Ansätze zur Macht in politischen Netzen und ihre Messung. Natürlich deshalb, weil gerade Machtfragen im politischen Kontext eine exorbitante Rolle spielen. Wegen eines umfangreichen Literaturüberblicks und wegen der netzwerkstrukturellen Sicht nennen wir den Beitrag von Smith et al. (2014). Die Autoren führen an, dass bei Analysen politischer Netzwerke zwei Ansätze vorherrschend sind: "power as access" und "power as control". Die wohl an Bonacich angelehnte Grundidee ist dann die Verwendung zweier Formen von Einflussnahmen der Macht, positiv (ein mächtiger Akteur unterstützt seine Nachbarn) und negativ (ein mächtiger Akteur unterdrückt seine Nachbarn). Das Ganze führt zu einem parametrischen Ansatz, dessen Kalibrierung in praxi nicht einfach sein dürfte.

Ob die Machtressource eines Akteurs auf seinen außergewöhnlichen Attributen beruht oder auf seiner strukturellen Einbettung in das soziale Umfeld basiert, ist eine zentrale Frage der Soziologie (Easley und Kleinberg, 2010, S. 339). Cook et al. (1983) sagen auf S. 287: "Relative positional dependence across the network of connected exchange relations determines power...". Sie erkennen also bereits, dass die strukturelle Einbindung eines Akteurs im Netz für seine Verhandlungsmacht bestimmend ist.

Der Aufbau dieser Schrift entspricht somit folgender Logik. Zunächst wird in Abschnitt 2.1 narrativ in die Grundideen unseres Ansatzes eingeführt und in 2.2.1 die Symbolik festgelegt. In 2.2.2 wird dann die netzübergreifende

Machtstruktur mathematisch erfasst und das Machtpotenzial jedes Knotens des Netzes bereitgestellt. Die Zusammenhänge werden an einem überschaubaren Beispiel demonstriert. Die Leistungsfähigkeit des neuen Ansatzes zeigt sich bei der Berechnung von entsprechenden Indizes zahlreicher Netzwerke in Abschnitt 2.2.3. Die Ergebnisse sind kompatibel mit den Einschätzungen von Cook et al. (1983), Easley und Kleinberg (2010), Bonacich (1987). Die in dieser Arbeit entwickelte Unterscheidung zwischen Machtpotenzial eines Knotens (s.o.) und der Hebung dieses Machtpotenzials durch einen Akteur in 3.1 führt dann zu einem grundsätzlich von der bisherigen Literatur abweichenden Dominanzkonzept. Abschnitt 3.2 schließlich deckt die Machtverhältnisse in dem wohlbekannten Terrorismusbeispiel 9/11 auf. Kapitel 4 fasst zusammen und liefert Hinweise auf mögliche Erweiterungen unseres Ansatzes.

## 2 Konditional-probabilistische Machtstruktur im Netz

### 2.1 Eine narrative Hinführung

Wir unterscheiden grundsätzlich zwischen einem Knoten im Netz und den in ihm möglicherweise agierenden Akteur mit seinen Ressourcen. Nur so kann das strukturbasierte Machtpotenzial eines Knotens von der dann merkmalsbasierten Machtausübung eines Akteurs sauber unterschieden werden. Das hier vorgestellte Konzept beruht auf folgenden Forderungen:

1. Das Machtpotenzial eines Knotens im Sozialen Netzwerk wird lediglich aus der Netzstruktur abgeleitet.
2. Kann ein Akteur im Vollbesitz von Machtressourcen diese vollumfänglich auf einen anderen ausüben, so ist letzterer machtlos.
3. Ein Akteur wie in 2 ist in der Lage, das Machtpotenzial wie in 1 vollständig zu heben. Je mehr Potenzial ihm der Knoten bietet, umso einflussreicher ist er im Netz.
4. Die Aggregation aller durch 1.-3. ausgedrückten Beziehungen führt wissenschaftsgerecht zu einer Netzstruktur der Macht.

In 1. tragen wir der Erkenntnis von u. a. Emerson (1962), Cook et al. (1983), Easley und Kleinberg (2010) sowie Bonacich (1987) Rechnung, dass Machtpotenzial aus der Position im Netz resultiert, wie man in den zahlreichen untersuchten Graphen erkennt. All diese Graphen werden in Abschnitt 2.2.3 dargestellt und analysiert. Der Leser mag nachvollziehen, dass in 2. eine unmittelbar einleuchtende Forderung formuliert wird, wie sie schon Bozzo und Francechet gestellt haben. Macht wird von einem Akteur ausgeübt, Machtpotenzial bietet ihm der Knoten. Machtpotenzial ist eine Schlüsselgröße unseres Konzeptes und wird in einem informationstheoretischen Rahmen im jetzt folgenden Abschnitt bestimmt.

## 2.2 Formalmathematische Ausgestaltung des Macht-konzepts

### 2.2.1 Konditionale Machtstruktur im Netz

Die narrativen Forderungen des vorigen Abschnitts werden nun in eine mathematische Form überführt. Dazu betrachten wir einen ungerichteten Graphen mit der Knotenmenge  $\mathcal{V} = \{V\}$  mit  $|\mathcal{V}| = n$  und mit Kanten  $\mathcal{E} = \{e\}$ . Für zwei adjazente Knoten  $V_i$  und  $V_j$ , mit  $i \neq j$ , ist  $V_j | V_i [1.]$  ein probabilistisches Konditional;  $|$  ist der Konditionaloperator. Um Forderung 1 aus Abschnitt 2.1 umsetzen zu können, sei der Knoten  $V_i$  eine boolesche Variable  $V_i = 1$  oder  $V_i = 0$  mit folgender Semantik:  $V_i = 1$  steht für die Tatsache, dass ein Akteur in  $V_i$  im Vollbesitz seiner Machtressourcen ist.  $V_i = 0$  steht für die Tatsache, dass ein Akteur in  $V_i$  bar jeder Machtressourcen ist.  $V_j = 0 | V_i = 1 [1.]$  bedeutet also: Angenommen, ein Akteur im Knoten  $V_i$  besäße vollkommene Machtressourcen ( $V_i = 1$ ) und es gelänge ihm, diese vollständig auf den Akteur in  $V_j$  auszuüben ([1.]), so wäre der Akteur in  $V_j$  machtlos ( $V_j = 0$ ). Bitte beachten Sie, dass mit dieser konditionalen Formulierung lediglich wenn-dann Beziehungen ausgedrückt und keinesfalls Machtfakten geschaffen werden. Es ist genau dieses Ausloten aller möglichen Machtbeziehungen zwischen Akteuren in adjazenten Knoten, welches das Machtpotenzial letzterer bestimmen lässt. Die sichere Ausübung von Macht wird modellhaft in Form der Wahrscheinlichkeit [1.] spezifiziert. Hat man für ein Netzwerk für alle adjazenten Knotenpaare in jeweils beiden Richtungen solche sicheren Konditionale formuliert, stellt sich die Frage nach einem wissenschaftsgerechten Aggregationsmechanismus. Dieser Mechanismus soll der Tatsache Rechnung tragen, dass noch völlig offen ist, wie welche Machtpotenziale entstehen. Er soll eben alle Möglichkeiten wechselseitiger Machtausübungen ausleuchten, um die Potenziale hier zu erkennen. Der Folgeabschnitt greift diese Idee wieder auf und vertieft sie.

### 2.2.2 Machtpotenziale von Knoten

Das Machtpotenzial jedes Knotens wie in 1. der narrativen Einführung erfolgt durch Aggregation aller mitgeteilten Konditionale und durch einen aus der Wissensverarbeitung bekannten Optimierungsansatz. Hierzu sei  $\{\mathbf{v}\}$  die Menge aller Machtkonfigurationen  $\mathbf{v} = (V_1 = 0/1, V_2 = 0/1, \dots, V_n = 0/1)$  und  $Q$  eine Wahrscheinlichkeitsverteilung auf  $\{\mathbf{v}\}$ . Dann löst man

$$\bar{Q} = \arg \max H(Q) = - \sum_{\mathbf{v}} Q(\mathbf{v}) \log_2 Q(\mathbf{v}) \quad (1)$$

u.d.N.  $Q(V_j = 0 | V_i = 1) = 1. \quad \forall i \neq j \text{ und adjazent.}$

$H(Q)$  ist die Entropie in  $Q$ ; sie wird maximiert, um unter Berücksichtigung der Nebenbedingungen keine nicht-intendierten Abhängigkeiten zuzulassen und damit die konditionale Netzstruktur vorsichtig einzuschätzen. Ein axiomatischer Zugang zu dieser Vorgehensweise findet sich in Kern-Isberner (1998). Die

Nebenbedingungen sind die probabilistischen Konditionale;  $\bar{Q}$  ist dann die entropieoptimale Wahrscheinlichkeitsverteilung auf der Menge aller Machtkonfigurationen  $\{\mathbf{v}\}$ .  $H(\bar{Q})$  ist die Restunsicherheit über die (konditionale) Machtstruktur im Netz und beträgt  $-\log_2 1/2^n = n$ , falls alle Knoten im Netz isoliert sind. Sie ist = 0. für den Fall einer vollständig determinierten Machtkonfiguration. Die Wahrscheinlichkeiten  $\bar{Q}(V_i = 1)$  für  $i = 1, \dots, n$  bilden die Grundlage für die Berechnung des Machtpotenzials jedes Knotens  $V_i$ .

Bekanntlich ist  $-\log_2 \bar{Q}(V_i = 1)$  die Information, die ein System erhält, wenn  $V_i = 1$  wahr wird und nicht lediglich  $\bar{Q}(V_i = 1)$  beträgt. Diese Information misst Strukturveränderung im Netz. Details finden sich in Rödder et al. (2014) und Brenner et al. (2017) und im folgenden Kapitel. In unserem Kontext geschieht das, wenn ein Akteur im Vollbesitz seiner Machtressourcen im Knoten  $V_i$  agiert und sein (des Knotens) Machtpotenzial hebt; mit der Folge der Verkleinerung der Restunsicherheit über die Machtstruktur. Diese Überlegungen rechtfertigen folgende

**Definition 1.**  $mp_i = -\log_2 \bar{Q}(V_i = 1)$ ,  $i = 1, \dots, n$ , ist das (strukturelle) Machtpotenzial eines jeden Knotens  $V_i$  im Netz.

Die komplexen Zusammenhänge werden an einem kleinen Beispiel verdeutlicht.

**Beispiel 1.**

Man betrachte drei Knoten mit ungerichteten Kanten gemäß Abbildung 1.

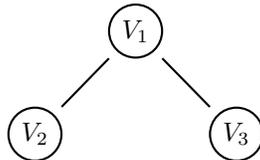


Figure 1: Der Dreierpfad

Die Nebenbedingungen zu Aufgabe (1) lauten

$$Q(V_2 = 0 \mid V_1 = 1) = 1. \quad (Q(V_1 = 0 \mid V_2 = 1) = 1.)$$

$$Q(V_3 = 0 \mid V_1 = 1) = 1. \quad (Q(V_1 = 0 \mid V_3 = 1) = 1.)$$

Die Konditionale rechts in Klammern sind offensichtlich redundant, da sie aus den linken folgen. Tabelle 1 zeigt die Kontingenztabelle für  $\bar{Q}$  zu diesem Dreierpfad.

Table 1: Kontingenztafel zum Dreierpfad

$V_1$	$V_2$	$V_3$	$\bar{Q}$	
1	1	1	0	mit $\bar{Q}(V_1 = 1) = 1/5$ $\bar{Q}(V_2 = 1) = 2/5$ $\bar{Q}(V_3 = 1) = 2/5$
1	1	0	0	
1	0	1	0	
1	0	0	$1/5$	
0	1	1	$1/5$	
0	1	0	$1/5$	
0	0	1	$1/5$	
0	0	0	$1/5$	

Die Machtpotenziale der Knoten  $V_1, V_2, V_3$  betragen gemäß Definition 1  $mp_1 = -\log_2 1/5 = 2.322$ ,  $mp_2 = -\log_2 2/5 = 1.322$ ,  $mp_3 = -\log_2 2/5 = 1.322$ . Wie erwartet hat  $V_1$  das größte und  $V_2$  sowie  $V_3$  die jeweils gleich geringeren Machtpotenziale.  $\diamond$

Das Beispiel lässt auch schon erkennen: Hebt ein Akteur in  $V_1$  das vom Knoten bereitgestellte Machtpotenzial vollständig, so ist die Machtverteilung vollkommen bekannt. D. h., Konfiguration  $V_1 = 1, V_2 = 0, V_3 = 0$  ist sicher. Anders bei z. B. Knoten  $V_2$ . Hebt ein Akteur hier das Machtpotenzial, so gilt  $V_2 = 1, V_1 = 0$ ; über  $V_3$  ist jedoch nichts bekannt. Das Heben von Machtpotenzialen wird formal in Kapitel 3 behandelt.

### 2.2.3 Ausgewählte Machtpotenziale nach der mp-Methode

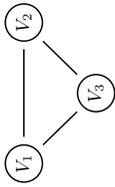
Ziel dieses Abschnitts kann es nicht sein, Zentralitätsmaße zum wiederholten Mal auf aus der Literatur bekannten Netzen auszurechnen. Wir folgen hier Cook et al. (1983), die dezidiert zwischen Macht und Zentralität unterscheiden, und stellen uns einer vergleichenden Analyse ihrer experimentellen Ergebnisse in Tauschnetzwerken mit unseren Machtpotenzialen. Wo nötig, ergänzen wir um weitere Netze. Alle Netze sind in den Abbildungen 2a und 2b dargestellt. Es empfiehlt sich, dorthin zu blättern, um die Ergebnisse in der folgenden Tabelle 2 nachzuvollziehen. Die Tabelle enthält in der Kopfspalte die Bezeichner der Netze und in der Kopfzeile die Knoten. Die Einträge in der Matrix sind die Machtpotenziale  $mp_i = -\log_2 \bar{Q}(V_i = 1)$  und die jeweiligen Reihungen. Wie in Beispiel 1 gezeigt, sind für kleinere Netze die Machtpotenziale händisch berechenbar, für größere lösen wir Aufgabe (1) mit der Optimierungssoftware SPIRIT (2011). Im Nachgang zu Tabelle 2 versuchen wir eine vergleichende Analyse der Ergebnisse der mp-Methode und denen nach Cook et al. (1983), Easley und Kleinberg (2010) oder Bonacich (1987).

Table 2: Machtpotenzial und Ränge nach der mp-Methode

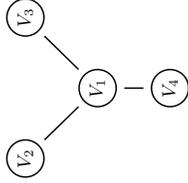
Netz	Knoten	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$V_5$	$V_6$	$V_7$	$V_8$	$V_9$	$V_{10}$	$V_{11}$	$V_{12}$	$V_{13}$
1	mp	1	1											
	Rang	1	1											
2	mp	2	2	2										
	Rang	1	1	1										
3	mp	3.17	1.48	1.48	1.48									
	Rang	1	2	2	2									
4	mp	2.32	1.32	1.32										
	Rang	1	2	2										
5	mp	1.42	2	2	1.42									
	Rang	3	1	1	3									
6	mp	2.32	2.32	2.32	2.32									
	Rang	1	1	1	1									
7	mp	1.22	2.81	1.81	1.81									
	Rang	4	1	2	2									
8	mp	1.02	2.12	2.12	1.37	1.37								
	Rang	5	1	1	3	3								
9	mp	1.22	2.81	1.22	1.81	1.49								
	Rang	4	1	4	2	3								
10	mp	2.13	1.96	1.96	1.96	1.43	1.43	1.43						
	Rang	1	2	2	2	5	5	5						
11	mp	1.56	2.92	2.92	2.92	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20			
	Rang	4	1	1	1	5	5	5	5	5	5			
12	mp	1.28	3.94	3.94	3.94	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
	Rang	4	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
13	mp	2.10	2.10	2.43	3.10	1.18	2.62	1.26	1.26					
	Rang	4	4	3	1	8	2	6	6					



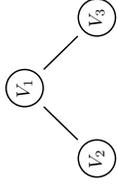
1) Dyade



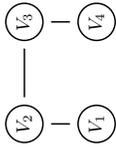
2) Triade



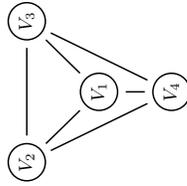
3) Stern



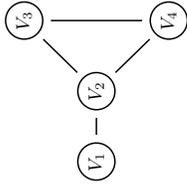
4) Dreierpfad



5) Viererpfad



6) Quadriade



7) Schaft

Figure 2a: Diverse Netzwerke

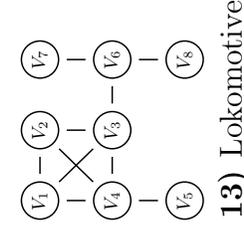
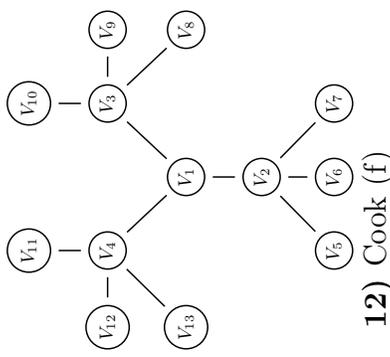
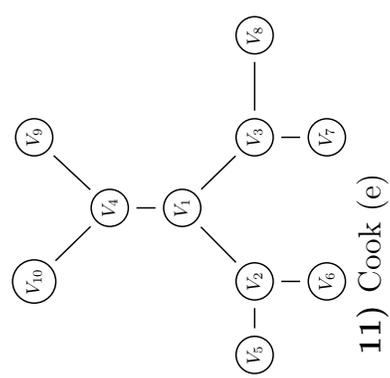
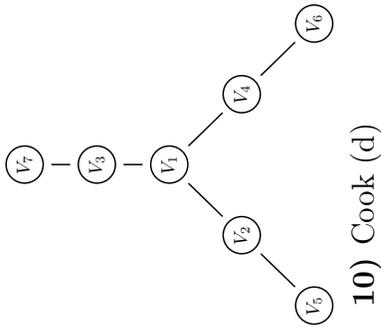
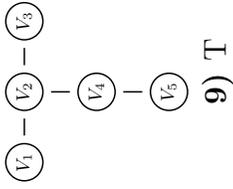
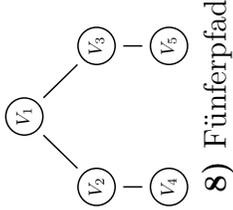


Figure 2b: Diverse Netzwerke (Fortsetzung)

Die Netze 1, 2, 6 stellen vollständige Graphen dar, deren Knoten jeweils gleiche Potenziale haben, vgl. Tabelle 2 wie auch die Ausführungen von Cook et al. (1983) S. 281. Der Stern, Netz 3, zeigt das höchste Machtpotenzial im zentralen Knoten  $V_1$  und gleiche Machtpotenziale in den Randknoten. Das Ergebnis bestätigt unsere Intuition und die Ausführungen von Cook et al. (1983) wiederum auf S. 281. Die Netze 4, 5, 8 sind Pfadnetze mit drei, vier und fünf Knoten. Im Dreierpfad hat  $V_1$  das höchste Machtpotenzial, im Viererpfad jeweils die Knoten  $V_1$  und  $V_3$  und im Fünferpfad jeweils  $V_2$ ,  $V_3$  gefolgt von  $V_1$ , dann erst von  $V_4$ ,  $V_5$ . Diese Ergebnisse werden sowohl von Easley und Kleinberg (2010) auf S. 345 als auch für den Fünferpfad von Cook et al. (1983) auf S. 287 ff. bestätigt. Insbesondere die Reihung des Fünferpfads heben Cook et al. (1983) ausdrücklich hervor, da hier Macht und Zentralität auseinanderfallen. Die nicht experimentell, sondern lediglich simulativ quantifizierten Netze 11, 12 werden mit ihren Reihungen von der mp-Methode bestätigt, nicht die Ergebnisse von Netz 10; Cook et al. (1983) mögen ihre Hypothese 6 auf S. 288 nochmals überdenken, zumal auch Bonacich (1987) in Tabelle 3 zu einer mit unseren Ergebnissen kompatiblen Einschätzung kommt. Die Machtpotenziale zu den Netzen 7 und 8 bestätigen darüber hinaus die Ausführungen auf S. 347 bzw. Seiten 340 f. von Easley und Kleinberg (2010). Das Netz 13 wurde von uns eigens bereitgestellt, da es den Unterschied zwischen Macht und Zentralität gut veranschaulicht. Knoten  $V_3$  hat hohen Knotengrad (4), maximale Betweenness (12), große Closeness (0.1) u. a. Er stellt jedoch mit 2.43 nicht das größte Machtpotenzial bereit, das tut mit 3.10 Knoten  $V_4$ . Selbst Knoten  $V_6$  hat mit 2.62 ein höheres Machtpotenzial als  $V_3$  mit 2.43, obwohl sein Knotengrad mit 3 geringer ausfällt. Die übrigen Daten mag der Leser aus Tabelle 2 entnehmen. Die Übereinstimmung von Reihungen der mp-Indizes und exchange-gesteuerten Machtindizes ist zunächst überraschend. Letztere basieren auf Tauschalternativen, während erstere auf reinem Ausleuchten möglicher Machtausübung zwischen adjazenten Knoten beruht. Das sachbezogene Vehikel Exchange spiegelt also sehr gut rein strukturelle Betrachtungen wider. Cook et al. (1983), Bonacich (1987), Easley und Kleinberg (2010) erkennen dies; die Übertragung auf größere Netze bleibt jedoch bei Verwendung dieses Vehikels problematisch.

In diesem Kapitel wurden Machtpotenziale berechnet, und es wurde gelegentlich auf das Heben solcher Potenziale hingewiesen. Was geschieht im Netz, wenn ein Akteur in einem Knoten dessen Potenzial hebt? Die Akteure in adjazenten Knoten werden dann machtlos und diese Knoten haben dann ein nicht mehr hebbares Machtpotenzial. Mehr dazu im Folgekapitel.

## 3 Heben des Machtpotenzials und Dominanz

### 3.1 Heben des Machtpotenzials

Im vorigen Kapitel wurden Machtpotenziale für Knoten in verschiedenen Netzen berechnet und mit den Ergebnissen anderer Machtansätze verglichen. Bei diesen anderen Ansätzen erschöpft sich das Thema Macht mit diesen Ergeb-

nissen, nicht so bei der hier vorgestellten mp-Methode. Ist das strukturelle Potenzial eines Knotens  $V_i$  berechnet, stellt sich natürlich die Frage, wie dieses Potenzial gehoben werden kann. Mit anderen Worten: Was bewirkt das Agieren eines Akteurs im Vollbesitz von Ressourcen in einem Knoten? Dank seiner Ressourcen und Dank des Knotenpotenzials verändert er das Netz,

- indem er die Wahrscheinlichkeit von  $\overline{Q}(V_i = 1)$  auf den Wert 1. setzt und damit das Potenzial hebt. In unserem Kontext bedeutet das Machtübung auf die Akteure adjazenter Knoten.
- indem er die Akteure adjazenter Knoten machtlos macht. Vergleiche die Ausführungen in Abschnitt 2.1.

Dieser Akt hat Auswirkungen auf die gesamte konditionale Struktur des Netzes – über  $V_i$  und adjazente Knoten hinaus. Die mathematische Umsetzung des Vorgangs zeigen wir in Gleichung (2). Dazu greifen wir Aufgabe (1) wieder auf und modifizieren wie folgt: Falls das Potenzial des Knotens  $V_{i_0}$  gehoben werden soll, löst man

$$\overline{Q}^{(i_0)} = \arg \max H(Q) = - \sum_{\mathbf{v}} Q(\mathbf{v}) \log_2 Q(\mathbf{v}) \quad (2)$$

u.d.N.  $Q(V_j = 0 \mid V_i = 1) = 1. \quad \forall i \neq j \text{ und adjazent.}$   
 $Q(V_{i_0} = 1) = 1.$

Aufgabe (2) hat also gegenüber (1) die zusätzliche Restriktion  $Q(V_{i_0} = 1) = 1$ . Diese Restriktion erzwingt das Heben des Potenzials in Knoten  $V_{i_0}$ ; aus  $\overline{Q}(V_{i_0} = 1)$  wird 1. Die Verteilung  $\overline{Q}^{(i_0)}$  beinhaltet jetzt die verbleibende konditional/probabilistische Machtstruktur nach Heben des Potenzials. Der Vorgang wird nun am Lokomotive-Beispiel 13 der Abbildung 2b nachvollzogen.

**Beispiel 2** (Heben des Machtpotenzials von Knoten  $V_4$  im Lokomotive-Beispiel). Nach Lösen von Aufgabe (1) ergeben sich die Wahrscheinlichkeiten  $\overline{Q}(V_i = 1)$ ,  $i = 1, \dots, 8$ , gemäß Abbildung 3. Die Wahrscheinlichkeiten sind an den Balken  $V_i = 1$  ablesbar. Offensichtlich ist  $\overline{Q}(V_4 = 1) = 0.1163$  die kleinste Knotenwahrscheinlichkeit und damit hat Knoten 4 mit  $mp_4 = -\log_2 \overline{Q}(V_4 = 1) = 3.104$  das größte Machtpotenzial. Der Übersichtlichkeit halber ist Aufgabe (1) zum Lokomotive-Beispiel in Anhang A1 aufgeführt.

Die Machtpotenziale entnehmen Sie Abbildung 4. Nun soll das höchste Machtpotenzial des Knotens  $V_4$  gehoben werden. Dazu rechnet man Aufgabe (2). Für das Lokomotive-Beispiel ist die konkrete Optimierungsaufgabe im Anhang A2 notiert. Die Ergebnisse zeigt Abbildung 5 und die entsprechend verbleibenden Machtpotenziale Abbildung 6.

Nach Heben des Machtpotenzials von Knoten 4 stellt sich am Balken  $V_4 = 1$  der Wert 0. ein und infolge für alle adjazenten Knoten  $\infty$ . Das verbleibende Machtpotenzial von Knoten 4 ist 0. und die "Potenziale" der Knoten 1, 2, 3, 5 sind  $\infty$ . Letztere sind nicht mehr hebbbar, da sonst ein Widerspruch in den

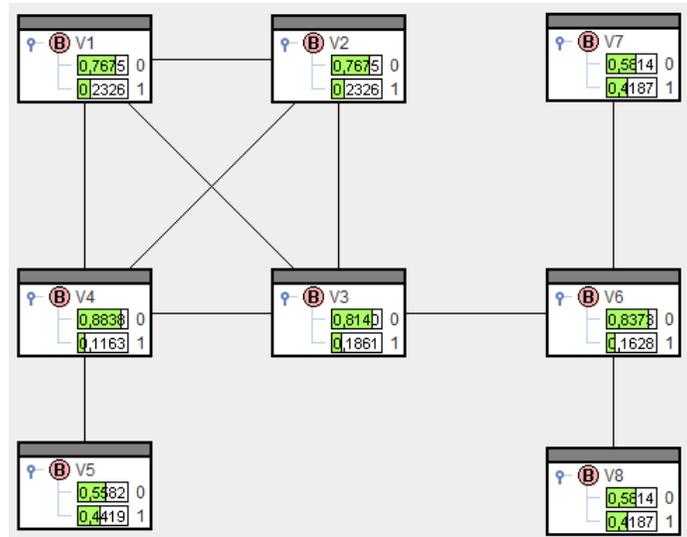


Figure 3: Lösung von Aufgabe (1) für das Lokomotive-Beispiel

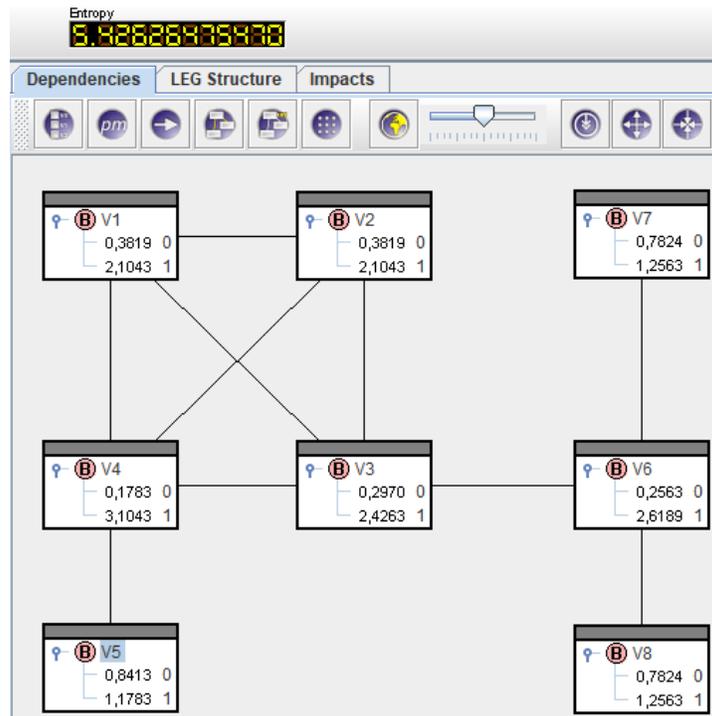


Figure 4: Machtpotenziale zu Abbildung 3

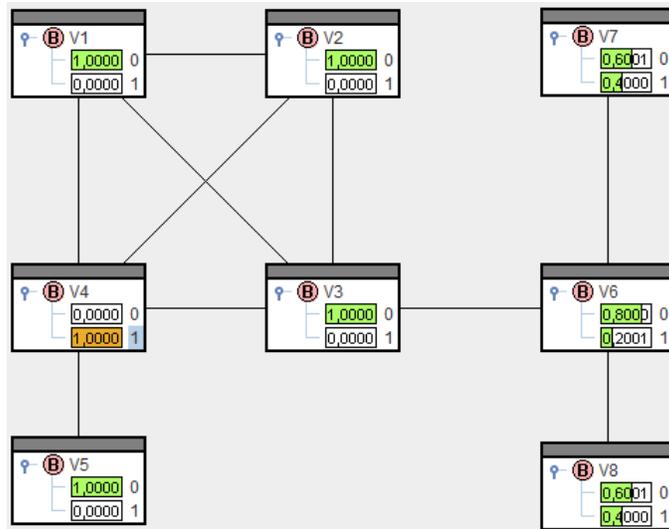


Figure 5: Lösung von Aufgabe (2) für das Lok-Beispiel

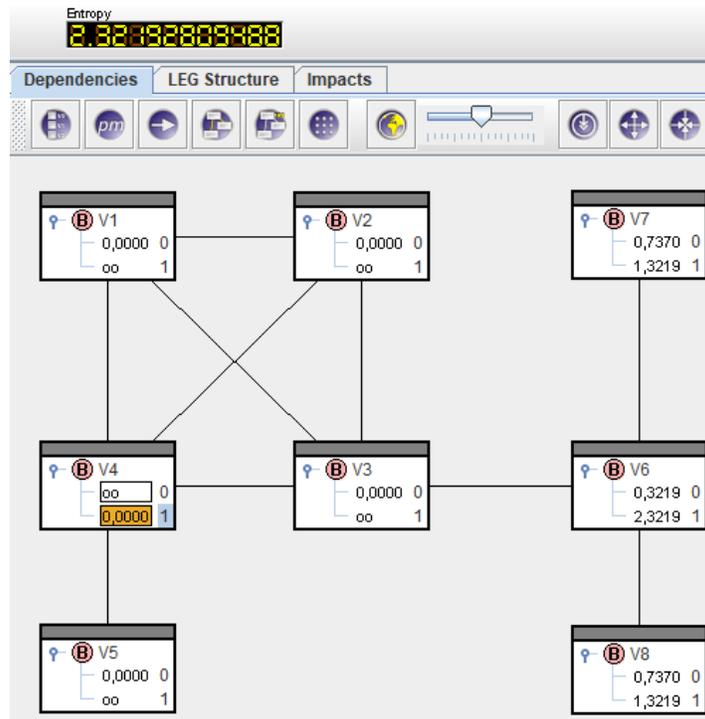


Figure 6: Verbleibende Machtpotenziale nach Hebung des Potenzial von  $V_4$

Restriktionen der Aufgabe in Anhang A2 entsteht. Die Entropiewerte in der Kopfzeile zu Abbildung 4 und Abbildung 6 sind die Restunsicherheiten bzgl. der Machtstruktur im Netz. Vor Heben des Machtpotenzials von  $V_4$  betrug sie  $H(\bar{Q}) = 5.426$  und nach Heben  $H(\bar{Q}^{(4)}) = 2.322$ . Die Differenz  $H(\bar{Q}) - H(\bar{Q}^{(4)})$  ist natürlich gleich der zugeführten Informationen  $mp_4$  bei Heben des Machtpotenzials  $mp_4 = -\log_2 \bar{Q}(V_4 = 1) = 3.104$ , wie in Abbildung (4) ausgewiesen.

◇

Mit Heben des Potenzials eines Knotens sind sein und der Nachbarn verbleibende Potenziale nicht mehr hebbar (s.o.). Wohl aber die der übrigen Knoten des Netzes. Als Hinführung auf den folgenden Abschnitt stellen wir folgende beispielhafte Überlegung an.

**Beispiel 2** (Fortsetzung).

Der Teilgraph mit den Knoten  $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5$  ist "abgehandelt", es verbleibt also der Teilgraph



mit den Machtpotenzialen  $mp_6 = 2.322, mp_7 = mp_8 = 1.322$ . Hebt man das (verbleibende) Machtpotenzial von Knoten  $V_6$  und ergänzt die Aufgabe in Anhang A2 um die Nebenbedingung  $Q(V_6 = 1) = 1$ , erhält man

$$\bar{Q}^{(4,6)} = \arg \max H(Q) = - \sum_{\mathbf{v}} Q(\mathbf{v}) \log_2 Q(\mathbf{v}) \quad (3)$$

u.d.N.  $Q(V_j = 0 \mid V_i = 1) = 1. \quad \forall i \neq j \text{ und adjazent.}$   
 $Q(V_4 = 1) = 1.$   
 $Q(V_6 = 1) = 1.$

Im Optimum dieser Aufgabe ist nur noch die Konfiguration

$$(V_1 = 0, V_2 = 0, V_3 = 0, V_4 = 1, V_5 = 0, V_6 = 1, V_7 = 0, V_8 = 0)$$

zulässig und somit sicher, alle übrigen widersprechen den Nebenbedingungen. bei diesem Vorgang reduziert sich die Unsicherheit über die Machtstruktur im Netz nochmals von  $H(\bar{Q}^{(4)}) = 2.322$  auf  $H(\bar{Q}^{(4,6)}) = 0$ . Bilden die beiden Akteure in den Knoten  $V_4$  und  $V_6$  eine Allianz, so dominieren sie das Netz vollständig. Ihr Restpotenzial ist 0. und das der übrigen Knoten  $V_1, V_2, V_3, V_5, V_7, V_8$  ist  $\infty$ , also nicht mehr hebbar. ◇

In zwei Schritten – Hebung des Potenzials von  $V_4$  und dann von  $V_6$  – wurde das Netz dominiert. Ist diese Anzahl von Schritten minimal? Mit solchen Fragen beschäftigen wir uns im Folgeabschnitt.

## 3.2 Machtallianzen in Netzen

### 3.2.1 Das Konzept Machtallianzen

Nach den einführenden Überlegungen im vorigen Abschnitt entwickeln wir nun ein Verfahren,

- sodass in einer Menge von Knoten jeweils das Potenzial gehoben wird und sie folglich die Wahrscheinlichkeit 1 annehmen; sie heißen dominant.
- sodass damit die Wahrscheinlichkeiten der dazu adjazenten Knoten zu 0 werden. Und nur solche.
- sodass alle Knoten den Wert 0 oder 1 erhalten.
- sodass die Anzahl der dominanten Knoten minimal ist.

**Definition 2.** Die aus diesen Forderungen resultierende Menge dominanter Knoten heißt minimale Machtdominanz.

In der englischsprachigen Literatur firmiert eine solche dominante Menge auch unter dem Kürzel  $\text{min}\#\text{MIS}$ , siehe z. B. Bourgeois et al. (2013). Hierbei steht MIS für Maximal Independent Set oder System und  $\text{min}\#$  für Minimal Cardinality. Im Lokomotive-Beispiel des vorigen Abschnitts war es mit der Wahl der zwei dominanten Knoten  $V_4$  und  $V_6$  gelungen, das Netz zu dominieren; alle Konfigurationen  $V_i = 1, i = 1, \dots, 8$ , hatten die Wahrscheinlichkeiten 0. oder 1. Ob  $(V_4, V_6)$  ein  $\text{min}\#\text{MIS}$  ist, ist noch zu erörtern.

Ein Greedy-Verfahren zur Bestimmung der Machtdominanz im Netz könnte – wie in Abschnitt 3.1 – so ablaufen:

1. bestimme einen Knoten mit maximalem mp
2. hebe in diesem Knoten das Machtpotenzial
3. ist  $H=0$ , STOPP
4. gehe zu 1.

Der folgende Algorithmus beschreibt diese Prozedur genauer.

---

**Algorithmus 1:** Greedy-Machtdominanz

---

Löse (1) für ein gegebenes Machtnetz  
Sei  $\bar{Q}$  und  $H(\bar{Q})$  optimale Lösung von (1)  
**if**  $H(\bar{Q}) > 0$  **then**  
    Initialisiere ein leeres Array  $I = ()$   
    **while**  $H(\bar{Q}) > 0$  **do**  
        Berechne  $mp_i = -\log_2 \bar{Q}(V_i = 1)$ ,  $i = 1, \dots, n$   
        Bestimme  $i_0 = \min[\arg \max_i \{mp_i | 0 < \bar{Q}(V_i = 1) < 1\}]$   
        Setze  $I = (I; i_0)$   
        Löse (1) mit  $Q(V_i = 1) = 1 \forall i \in I$   
        Sei  $\bar{Q}^I$  und  $H(\bar{Q}^I)$  optimale Lösung  
        Setze  $\bar{Q} = \bar{Q}^I$  und  $H = H(\bar{Q}^I)$   
    **end**  
     $(V_i = 1) \forall i \in I$  ist die gesuchte Machtkonfiguration  
**else**  
    Machtkonfiguration bereits determiniert  
**end**

---

Die Bestimmung einer Machtdominanz ist das aus der Graphentheorie bekannte Problem  $\min \#MIS$  (s.o.). Für solche Probleme existieren Optimierungsverfahren, mit denen also die Optimalität des Greedy-Verfahrens überprüft werden kann. Dazu rechnet man

$$\begin{array}{ll} \min & \sum_{j=1}^n x_j \\ \text{u.d.N.} & \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} x_i + \tilde{a}_{ij} x_j \leq 1 \quad \forall i \neq j \text{ und adjazent} \\ & \sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} x_i \geq 1 \quad \forall i \\ & x_i \in \{0, 1\} \quad \forall i. \end{array} \quad (4)$$

Hierbei sind  $\tilde{a}_{ij}$  Elemente der Adjazenzmatrix mit zusätzlichen Einträgen 1 in der Diagonalen.  $x_j = 1$  bedeutet: Knoten  $V_j$  ist dominant und nicht dominant für  $x_j = 0$ .

### 3.2.2 Machtallianz im 9/11-Netz

Zu Demonstrationszwecken wählen wir nun einen ungerichteten Graphen zum Terrorismusnetzwerk 9/11, so wie es in Latora und Marchiori (2004) dargestellt ist. Abbildung 7 zeigt das Netzwerk und Tabelle 3 die Knoten und Namen der zugeordneten Akteure. In diesem Terrornetz ist die Semantik der Kanten z. B. "Wer lebte mit wem zusammen", "Welche Akteure kauften die Flugscheine gemeinsam", "Wer absolvierte gemeinsam Flugstunden". Zweifellos sind diese Relationen sehr verschieden. Wir folgen jedoch den genannten Autoren in ihrer Netzwerkanalyse und unterscheiden nicht zwischen diesen Beziehungen. Nach Eingabe dieser Relationen bzw. Nebenbedingungen zu Aufgabe 1 erhält man die

mp-Werte und Zentralitätsindizes aller 34 Knoten wie in Tabelle 4. Der Knoten  $V_1$  ist der zentralste und bietet das höchste Machtpotenzial; in ihm agierte Mohammed Atta. Vermutlich war er der Anführer der Piloten der Unglücksmaschinen. Schon Knoten  $V_2$  hat nach Grad-Zentralität den Rang 7, nach Closeness-Zentralität den Rang 4 und nach Betweenness-Zentralität den Rang 6, aber nach Machtpotenzial nur den Rang 14; in ihm agierte Salem Alhazmi. Salem Alhazmi unterstützte lediglich den Piloten Hani Hanjour, vgl. 9/11-Kommission (2004); seine Nähe zu Hani Hanjour verleiht ihm offensichtlich eine hohe Zentralität, jedoch keinesfalls hohe Macht – wie der mp-Rang erkennen lässt. Ein weiteres Studium von Tabelle 4 zeigt, dass Reihungen nach Zentralität und Machtpotenzial stark auseinanderfallen. Diese Beobachtungen bestätigen nochmals eindringlich die Erkenntnisse von Cook et al. (1983); siehe auch unsere Anmerkungen in Abschnitt 2.2.3.

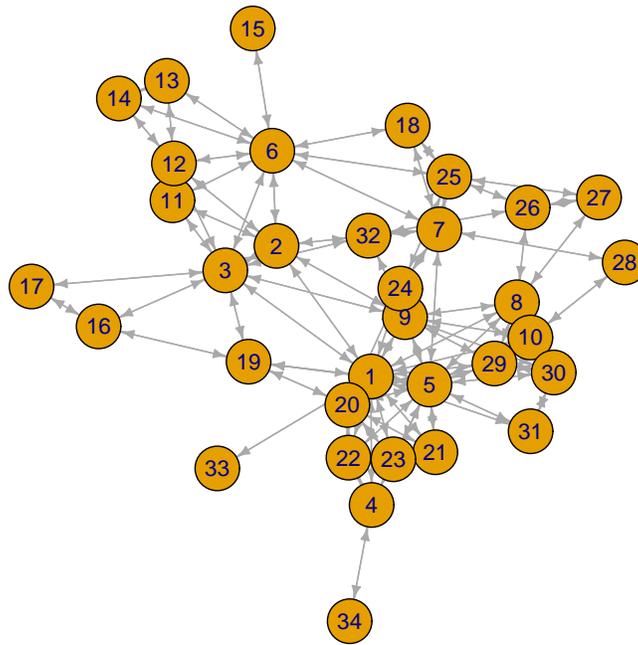


Figure 7: 9/11-Netzwerk gemäß Latora und Marchiori (2004)

Der Greedy-Algorithmus zum 9/11 Terrornetzwerk liefert die Lösung ( $V_1 = 1$ ,  $V_6 = 1$ ,  $V_{16} = 1$ ,  $V_{26} = 1$ ,  $V_{28} = 1$ ,  $V_{30} = 1$ ,  $V_{34} = 1$ ), und diese Lösung wird von Aufgabe 4 bestätigt. Der Greedy-Algorithmus hat das Optimum erreicht, was auch zu allen in Tabelle 2 vorgestellten Netzen – bis auf Netz 10 – bestätigt werden konnte. Damit findet der Greedy-Algorithmus nicht stets das Optimum, jedoch hat das heuristische Verfahren einen bestechenden Vorteil gegenüber (4): es liefert neben einer bloßen min#MIS Lösung eine Begründung. Das Heben der Knotenpotenziale erfolgt nach einer einsichtigen Reihung ihrer Höhe. Zu jedem dominanten Knoten weiß der Analyst nicht nur, dass das Potenzial gehoben

Table 3: Knoten und Akteure des 9/11-Netzes

$V_1$ Mohammed Atta	$V_2$ Salem Alhazmi	$V_3$ Hani Hanjour
$V_4$ Mamoun Darkazanli	$V_5$ Marwan Al-Shehhi	$V_6$ Nawaf Alhazmi
$V_7$ Hamza Alghamdi	$V_8$ Satam Suqami	$V_9$ Abdul Aziz Al-Omari
$V_{10}$ Fayez Banihammad	$V_{11}$ Majed Moqed	$V_{12}$ Khalid Almihdhar
$V_{13}$ Abdussattar Shaikh	$V_{14}$ Osama Awadallah	$V_{15}$ Mohamed Abd
$V_{16}$ Rayed Mohammed Abdullah	$V_{17}$ Faisal Al Salmi	$V_{18}$ Ahmed Alnami
$V_{19}$ Lotfi Raissi	$V_{20}$ Ziad Jarrah	$V_{21}$ Ramzi Omar
$V_{22}$ Said Bahaji	$V_{23}$ Zakariya Essabar	$V_{24}$ Ahmed Al Haznawi
$V_{25}$ Saeed Alghamdi	$V_{26}$ Nabil al-Marabh	$V_{27}$ Raed Hijazi
$V_{28}$ Mohand Alshehri	$V_{29}$ Wail Alshehri	$V_{30}$ Waleed Alshehri
$V_{31}$ Shaykh Saiid	$V_{32}$ Ahmed Alghamdi	$V_{33}$ Habib Zacarias Moussaoui
$V_{34}$ Mamduh Mahmud Salim		

wurde, sondern auch warum.

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

Macht ist ein Substrat menschlichen Zusammenlebens, das die Wissenschaft seit Jahrtausenden beschäftigt. Wer übt Macht auf wen aus, in welchem Umfang und mit welchen Mitteln. In dieser Schrift wird zunächst in der Einleitung ein historischer Abriss der wissenschaftlichen Diskussion zu diesem Thema gegeben. Soziologen liefern interessante Ansätze, Machtbeziehungen zu explizieren; Sie erkennen die Determinanten Machtbereich, Machtmittel, Machtressourcen, Kosten der Machtausübung etc.; eine allgemeingültige Blaupause zur Messung von Macht liefern sie nicht. Erst ab den 1960er Jahren gibt es Versuche, eine bestimmte Form von Macht quantitativ zu erfassen, die Handlungsmacht in Tauschnetzen. Ein Akteur ist mächtig, wenn er viele Handlungsalternativen hat.

In der vorliegenden Schrift wird der Versuch unternommen, von Handlungsmacht in Tauschnetzen zu abstrahieren. Dazu bedarf es einer lediglich auf der Struktur eines Netzes ableitbaren Größe für das Machtpotenzial jedes Knotens im Netz. Hierzu bedienen wir uns eines probabilistisch-informationstheoretischen Ansatzes. Aus elementaren Forderungen und mittels einer Optimierungsaufgabe lassen sich die Potenziale berechnen. Wie ein Akteur im Knoten dieses Potenzial hebt und welche Veränderungen er damit im Netz bewirkt, ist Gegenstand

Table 4: Machtpotenzial und Ränge nach der Konditionalmethode

$V_i$	Grad	Rang	Closeness	Rang	Betweenness	Rang	mp	Rang
$i = 1$	16	1	0.0185	1	319.9649	1	6.5507	1
$i = 2$	7	7	0.0161	4	84.4331	6	2.5609	14
$i = 3$	10	3	0.0169	3	203.9172	2	4.7788	4
$i = 4$	4	20	0.0127	19	64.0000	9	1.8958	21
$i = 5$	14	2	0.0172	2	170.1335	4	5.4295	3
$i = 6$	10	3	0.0145	7	194.9201	3	5.4652	2
$i = 7$	7	7	0.0159	5	116.3470	5	3.5505	5
$i = 8$	8	6	0.0141	9	67.5500	7	3.2372	8
$i = 9$	9	5	0.0159	5	65.2157	8	3.1152	10
$i = 10$	7	7	0.0137	11	30.2262	12	2.9222	12
$i = 11$	4	20	0.0125	22	0.0000	25	1.5967	25
$i = 12$	6	11	0.0128	18	36.9657	11	3.1817	9
$i = 13$	3	24	0.0101	31	0.0000	25	1.7906	22
$i = 14$	3	24	0.0101	31	0.0000	25	1.7906	22
$i = 15$	1	32	0.0099	33	0.0000	25	1.0330	33
$i = 16$	3	24	0.0115	28	2.1667	22	2.2662	16
$i = 17$	2	30	0.0111	30	0.0000	25	1.4041	29
$i = 18$	3	24	0.0122	25	0.0000	25	1.3265	30
$i = 19$	5	16	0.0143	8	29.8651	13	1.5567	26
$i = 20$	7	7	0.0133	14	11.5833	16	3.4491	6
$i = 21$	5	16	0.0127	19	0.0000	25	1.9909	19
$i = 22$	6	11	0.0130	17	4.0000	20	2.6440	13
$i = 23$	5	16	0.0127	19	0.0000	25	2.0591	17
$i = 24$	4	20	0.0141	9	25.4246	14	1.4130	28
$i = 25$	6	11	0.0133	14	48.9479	10	3.4024	7
$i = 26$	4	20	0.0125	22	10.5017	17	2.2728	15
$i = 27$	3	24	0.0118	26	4.4184	19	1.7057	24
$i = 28$	2	30	0.0115	28	3.4667	21	1.3193	31
$i = 29$	6	11	0.0135	13	0.9167	23	2.0286	18
$i = 30$	6	11	0.0132	16	4.8333	18	2.9671	11
$i = 31$	3	24	0.0123	24	0.9167	23	1.2454	32
$i = 32$	5	16	0.0137	11	23.2857	15	1.9141	20
$i = 33$	1	32	0.0116	27	0.0000	25	1.0155	34
$i = 34$	1	32	0.0090	34	0.0000	25	1.4515	27

weiterer Überlegungen. Das Verfahren wird auf zahlreiche Netze angewandt.

Die Überlegungen werfen auch die Frage auf, wo dominante Akteure im Netz positioniert sein sollten, um alle übrigen zu kontrollieren. Diese Frage wird mit einem Greedy-Algorithmus beantwortet und u. a. an einem 9/11-Terrorismus-Netzwerk mit 34 Knoten exemplifiziert.

Die Beschäftigung mit dem Substrat Macht führt zu weiteren Denkanstößen:

- Ist die von Smith et al. (2014) angeregte Idee der Betrachtung positiver und negativer Einflussnahme zwischen Akteuren auch mit dem probabilistischen Modell unseres Beitrags behandelbar? Wie sehen die Machtpotenziale in solchen Netzen aus?
- Welche Auswirkungen hat eine nur teilweise Hebung von Potenzialen in den Knoten auf das gesamte Netz? Kann diese Frage wissenschaftsgerecht im probabilistischen Modell beantwortet werden?

Wir sehen interessanten weiteren Forschungen entgegen und hoffen auf Anregungen aus wissenschaftlichen Gesprächen wie auch aus der Lektüre weiterer Literaturbeiträge zum Phänomen Macht.

## Anhang A1

Die Aufgabe (1) zum Lokomotive-Beispiel lautet:

$$\bar{Q} = \arg \max_{\mathbf{Q}} H(\mathbf{Q}) = - \sum_{\mathbf{v}} Q(\mathbf{v}) \log_2 Q(\mathbf{v})$$

u.d.N.  $Q(V_2 = 0 \mid V_4 = 1) = Q(V_8 = 0 \mid V_9 = 1) =$   
 $Q(V_3 = 0 \mid V_4 = 1) = Q(V_5 = 0 \mid V_4 = 1) =$   
 $Q(V_6 = 0 \mid V_3 = 1) = Q(V_7 = 0 \mid V_6 = 1) =$   
 $Q(V_9 = 0 \mid V_2 = 1) = 1.$

## Anhang A2

Die Aufgabe (2) zum Lokomotive-Beispiel lautet:

$$\bar{Q}^{(4)} = \arg \max_{\mathbf{Q}} H(\mathbf{Q}) = - \sum_{\mathbf{v}} Q(\mathbf{v}) \log_2 Q(\mathbf{v})$$

u.d.N. wie in Aufgabe (1) des Anhangs A1 und  
 $Q(V_4 = 1) = 1.$

Die resultierenden Machtpotenziale finden Sie in Abbildung 6.

## References

- 9/11-Kommission. The 9/11 Commission Report. 2004. URL <https://www.9-11commission.gov/report/911Report.pdf>.
- P. Bonacich. Power and Centrality: A Family of Measures. *American Journal of Sociology*, 92(5):1170–1182, 1987.
- N. Bourgeois, F. Della Croce, B. Escoffier, und V. Th. Paschos. Fast algorithms for min independent dominating set. *Discrete Applied Mathematics*, 161:558–572, 2013.
- E. Bozzo und M. Franceschet. A Theory on Power in Networks. *Communications of the ACM*, 59(11):75–83, 2016.
- D. Brenner, A. Dellnitz, F. Kulmann, und W. Rödder. Compressing strongly connected subgroups in social networks: An entropy-based approach. *The Journal of Mathematical Sociology*, 41(2):84–103, 2017.
- K. S. Cook, R. M. Emerson, M. R. Gillmore, und T. Yamagishi. The Distribution of Power in Exchange Networks: Theory and Experimental Results. *American Journal of Sociology*, 89(2):275–305, 1983.
- D. Easley und J. Kleinberg. *Networks, Crowds, and Markets: Reasoning about a Highly Connected World*. Cambridge University Press, Cambridge, 2010.
- R. M. Emerson. Power-Dependence Relations. *American Sociological Review*, 27(1):31–41, 1962.
- F. Godthardt. *Marsilius von Padua und der Romzug Ludwigs des Bayern: Politische Theorie und politisches Handeln*. Band 6. V & R unipress, Göttingen, 2017.
- K. Herb. Machtfragen. Vier philosophische Antworten . *Die Politische Meinung: Zeitschrift für Politik, Gesellschaft, Religion und Kultur*, 459:68–76, 2008.
- D. Jansen. *Einführung in die Netzwerkanalyse*. VS Verlag, Berlin, 2006.
- L. Katz. A new status index derived from sociometric analysis. *Psychometrika*, 18(1):39–43, 1953.
- G. Kern-Isberner. Characterizing the principle of minimum cross-entropy within a conditional-logical framework. *Artificial Intelligence*, 98(1–2):169–208, 1998.
- V. Latora und M. Marchiori. How the science of complex networks can help developing strategies against terrorism. *Chaos, Solitons and Fractals*, 20(1): 69–75, 2004.
- R. Lippitt, N. Polansky, und S. Rosen. The Dynamics of Power: A Field Study of Social Influence in Groups of Children. *Human Relations*, 5(1):37–64, 1952.

- M. Massarrat. *Kapitalismus – Machtungleichheit – Nachhaltigkeit: Perspektiven zu Revolutionären Reformen*. VSA-Verlag, Hamburg, 2006.
- J. L. Moreno. *Who Shall Survive: A New Approach to the Problem of Human Interrelations*. Nervous and Mental Disease Publishing Co., Washington, DC, 1934.
- M.E.J. Newman. *Networks: An introduction*. Oxford University Press, Oxford, 2012.
- H. Ottmann. *Geschichte des politischen Denkens*. Band 2. Springer-Verlag, Berlin, 2004.
- W. Rödder, D. Brenner, und F. Kulmann. Entropy based evaluation of net structures – deployed in Social Network Analysis. *Expert Systems with Applications*, 41(17):7968–7979, 2014.
- J. Scott. *Social Network Analysis*. Sage Publications, London, 2000.
- J. M. Smith, D. S. Halgin, V. Kidwell-Lopez, G. Labianca, D. J. Brass, und S. P. Borgatti. Power in politically charged networks. *Social Networks*, 36: 162–176, 2014.
- SPIRIT. <http://www.xspirit.de>, 2011. Last accessed on 05-01-2018.
- E. H. Witte. *Theorien zur sozialen Macht*. 2001.
- J. Ziegler. *Konzepte zur Messung der Macht, Beiträge zur Politischen Wissenschaft (BPW)*. Band 23. Duncker & Humblot, Berlin, 1975.

Die Diskussionspapiere ab Nr. 403 (2007) bis heute, können Sie im Internet unter <http://www.fernuni-hagen.de/wirtschaftswissenschaft/forschung/beitraege.shtml> einsehen und zum Teil downloaden.

**Ältere Diskussionspapiere selber erhalten Sie nur in den Bibliotheken.**

Nr	Jahr	Titel	Autor/en
420	2008	Stockkeeping and controlling under game theoretic aspects	Fandel, Günter Trockel, Jan
421	2008	On Overdissipation of Rents in Contests with Endogenous Intrinsic Motivation	Schlepütz, Volker
422	2008	Maximum Entropy Inference for Mixed Continuous-Discrete Variables	Singer, Hermann
423	2008	Eine Heuristik für das mehrdimensionale Bin Packing Problem	Mack, Daniel Bortfeldt, Andreas
424	2008	Expected A Posteriori Estimation in Financial Applications	Mazzoni, Thomas
425	2008	A Genetic Algorithm for the Two-Dimensional Knapsack Problem with Rectangular Pieces	Bortfeldt, Andreas Winter, Tobias
426	2008	A Tree Search Algorithm for Solving the Container Loading Problem	Fanslau, Tobias Bortfeldt, Andreas
427	2008	Dynamic Effects of Offshoring	Stijepic, Denis Wagner, Helmut
428	2008	Der Einfluss von Kostenabweichungen auf das Nash-Gleichgewicht in einem nicht-kooperativen Disponenten-Controller-Spiel	Fandel, Günter Trockel, Jan
429	2008	Fast Analytic Option Valuation with GARCH	Mazzoni, Thomas
430	2008	Conditional Gauss-Hermite Filtering with Application to Volatility Estimation	Singer, Hermann
431	2008	Web 2.0 auf dem Prüfstand: Zur Bewertung von Internet-Unternehmen	Christian Maaß Gotthard Pietsch
432	2008	Zentralbank-Kommunikation und Finanzstabilität – Eine Bestandsaufnahme	Knütter, Rolf Mohr, Benjamin
433	2008	Globalization and Asset Prices: Which Trade-Offs Do Central Banks Face in Small Open Economies?	Knütter, Rolf Wagner, Helmut
434	2008	International Policy Coordination and Simple Monetary Policy Rules	Berger, Wolfram Wagner, Helmut
435	2009	Matchingprozesse auf beruflichen Teilarbeitsmärkten	Stops, Michael Mazzoni, Thomas
436	2009	Wayfindingprozesse in Parksituationen - eine empirische Analyse	Fließ, Sabine Tetzner, Stefan
437	2009	ENTROPY-DRIVEN PORTFOLIO SELECTION a downside and upside risk framework	Rödder, Wilhelm Gartner, Ivan Ricardo Rudolph, Sandra
438	2009	Consulting Incentives in Contests	Schlepütz, Volker

439	2009	A Genetic Algorithm for a Bi-Objective Winner-Determination Problem in a Transportation-Procurement Auction"	Buer, Tobias Pankratz, Giselher
440	2009	Parallel greedy algorithms for packing unequal spheres into a cuboidal strip or a cuboid	Kubach, Timo Bortfeldt, Andreas Tilli, Thomas Gehring, Hermann
441	2009	SEM modeling with singular moment matrices Part I: ML-Estimation of time series	Singer, Hermann
442	2009	SEM modeling with singular moment matrices Part II: ML-Estimation of sampled stochastic differential equations	Singer, Hermann
443	2009	Konsensuale Effizienzbewertung und -verbesserung – Untersuchungen mittels der Data Envelopment Analysis (DEA)	Rödder, Wilhelm Reucher, Elmar
444	2009	Legal Uncertainty – Is Harmonization of Law the Right Answer? A Short Overview	Wagner, Helmut
445	2009	Fast Continuous-Discrete DAF-Filters	Mazzoni, Thomas
446	2010	Quantitative Evaluierung von Multi-Level Marketingsystemen	Lorenz, Marina Mazzoni, Thomas
447	2010	Quasi-Continuous Maximum Entropy Distribution Approximation with Kernel Density	Mazzoni, Thomas Reucher, Elmar
448	2010	Solving a Bi-Objective Winner Determination Problem in a Transportation Procurement Auction	Buer, Tobias Pankratz, Giselher
449	2010	Are Short Term Stock Asset Returns Predictable? An Extended Empirical Analysis	Mazzoni, Thomas
450	2010	Europäische Gesundheitssysteme im Vergleich – Effizienzmessungen von Akutkrankenhäusern mit DEA –	Reucher, Elmar Sartorius, Frank
451	2010	Patterns in Object-Oriented Analysis	Blaimer, Nicolas Bortfeldt, Andreas Pankratz, Giselher
452	2010	The Kuznets-Kaldor-Puzzle and Neutral Cross-Capital-Intensity Structural Change	Stijepic, Denis Wagner, Helmut
453	2010	Monetary Policy and Boom-Bust Cycles: The Role of Communication	Knütter, Rolf Wagner, Helmut
454	2010	Konsensuale Effizienzbewertung und –verbesserung mittels DEA – Output- vs. Inputorientierung –	Reucher, Elmar Rödder, Wilhelm
455	2010	Consistent Modeling of Risk Averse Behavior with Spectral Risk Measures	Wächter, Hans Peter Mazzoni, Thomas

456	2010	Der virtuelle Peer – Eine Anwendung der DEA zur konsensualen Effizienz- bewertung –	Reucher, Elmar
457	2010	A two-stage packing procedure for a Portuguese trading company	Moura, Ana Bortfeldt, Andreas
458	2010	A tree search algorithm for solving the multi-dimensional strip packing problem with guillotine cutting constraint	Bortfeldt, Andreas Jungmann, Sabine
459	2010	Equity and Efficiency in Regional Public Good Supply with Imperfect Labour Mobility – Horizontal versus Vertical Equalization	Arnold, Volker
460	2010	A hybrid algorithm for the capacitated vehicle routing problem with three-dimensional loading constraints	Bortfeldt, Andreas
461	2010	A tree search procedure for the container relocation problem	Forster, Florian Bortfeldt, Andreas
462	2011	Advanced X-Efficiencies for CCR- and BCC-Modell – Towards Peer-based DEA Controlling	Rödder, Wilhelm Reucher, Elmar
463	2011	The Effects of Central Bank Communication on Financial Stability: A Systematization of the Empirical Evidence	Knütter, Rolf Mohr, Benjamin Wagner, Helmut
464	2011	Lösungskonzepte zur Allokation von Kooperationsvorteilen in der kooperativen Transportdisposition	Strangmeier, Reinhard Fiedler, Matthias
465	2011	Grenzen einer Legitimation staatlicher Maßnahmen gegenüber Kreditinstituten zur Verhinderung von Banken- und Wirtschaftskrisen	Merbecks, Ute
466	2011	Controlling im Stadtmarketing – Eine Analyse des Hagener Schaufensterwettbewerbs 2010	Fließ, Sabine Bauer, Katharina
467	2011	A Structural Approach to Financial Stability: On the Beneficial Role of Regulatory Governance	Mohr, Benjamin Wagner, Helmut
468	2011	Data Envelopment Analysis - Skalenerträge und Kreuzskalenerträge	Wilhelm Rödder Andreas Dellnitz
469	2011	Controlling organisatorischer Entscheidungen: Konzeptionelle Überlegungen	Lindner, Florian Scherer, Ewald
470	2011	Orientierung in Dienstleistungsumgebungen – eine explorative Studie am Beispiel des Flughafens Frankfurt am Main	Fließ, Sabine Colaci, Antje Nesper, Jens

471	2011	Inequality aversion, income skewness and the theory of the welfare state	Weinreich, Daniel
472	2011	A tree search procedure for the container retrieval problem	Forster, Florian Bortfeldt, Andreas
473	2011	A Functional Approach to Pricing Complex Barrier Options	Mazzoni, Thomas
474	2011	Bologna-Prozess und neues Steuerungsmodell – auf Konfrontationskurs mit universitären Identitäten	Jost, Tobias Scher, Ewald
475	2011	A reduction approach for solving the rectangle packing area minimization problem	Bortfeldt, Andreas
476	2011	Trade and Unemployment with Heterogeneous Firms: How Good Jobs Are Lost	Altenburg, Lutz
477	2012	Structural Change Patterns and Development: China in Comparison	Wagner, Helmut
478	2012	Demografische Risiken – Herausforderungen für das finanzwirtschaftliche Risikomanagement im Rahmen der betrieblichen Altersversorgung	Merbecks, Ute
479	2012	“It’s all in the Mix!” – Internalizing Externalities with R&D Subsidies and Environmental Liability	Endres, Alfred Friehe, Tim Rundshagen, Bianca
480	2012	Ökonomische Interpretationen der Skalenvariablen u in der DEA	Dellnitz, Andreas Kleine, Andreas Rödler, Wilhelm
481	2012	Entropiebasierte Analyse von Interaktionen in Sozialen Netzwerken	Rödler, Wilhelm Brenner, Dominic Kulmann, Friedhelm
482	2013	Central Bank Independence and Financial Stability: A Tale of Perfect Harmony?	Berger, Wolfram Kißner, Friedrich
483	2013	Energy generation with Directed Technical Change	Kollenbach, Gilbert
484	2013	Monetary Policy and Asset Prices: When Cleaning Up Hits the Zero Lower Bound	Berger, Wolfram Kißner, Friedrich
485	2013	Superknoten in Sozialen Netzwerken – eine entropieoptimale Analyse	Brenner, Dominic, Rödler, Wilhelm, Kulmann, Friedhelm
486	2013	Stimmigkeit von Situation, Organisation und Person: Gestaltungsüberlegungen auf Basis des Informationsverarbeitungsansatzes	Julmi, Christian Lindner, Florian Scher, Ewald
487	2014	Incentives for Advanced Abatement Technology Under National and International Permit Trading	Endres, Alfred Rundshagen, Bianca
488	2014	Dynamische Effizienzbewertung öffentlicher Dreispartentheater mit der Data Envelopment Analysis	Kleine, Andreas Hoffmann, Steffen

489	2015	Konsensuale Peer-Wahl in der DEA -- Effizienz vs. Skalenertrag	Dellnitz, Andreas Reucher, Elmar
490	2015	Makroprudenzielle Regulierung – eine kurze Einführung und ein Überblick	Velauthapillai, Jeyakrishna
491	2015	SEM modeling with singular moment matrices Part III: GLS estimation	Singer, Hermann
492	2015	Die steuerliche Berücksichtigung von Aufwendungen für ein Studium – Eine Darstellung unter besonderer Berücksichtigung des Hörerstatus	Meyering, Stephan Portheine, Kea
493	2016	Ungewissheit versus Unsicherheit in Sozialen Netzwerken	Rödder, Wilhelm Dellnitz, Andreas Gartner, Ivan
494	2016	Investments in supplier-specific economies of scope with two different services and different supplier characters: two specialists	Fandel, Günter Trockel, Jan
495	2016	An application of the put-call-parity to variance reduced Monte-Carlo option pricing	Müller, Armin
496	2016	A joint application of the put-call-parity and importance sampling to variance reduced option pricing	Müller, Armin
497	2016	Simulated Maximum Likelihood for Continuous-Discrete State Space Models using Langevin Importance Sampling	Singer, Hermann
498	2016	A Theory of Affective Communication	Julmi, Christian
499	2016	Approximations of option price elasticities for importance sampling	Müller, Armin
500	2016	Variance reduced Value at Risk Monte-Carlo simulations	Müller, Armin
501	2016	Maximum Likelihood Estimation of Continuous-Discrete State-Space Models: Langevin Path Sampling vs. Numerical Integration	Singer, Hermann
502	2016	Measuring the domain-specificity of creativity	Julmi, Christian Scherm, Ewald
503	2017	Bipartite Strukturen in Sozialen Netzen – klassische versus MaxEnt-Analysen	Rödder, Wilhelm Dellnitz, Andreas Kulmann, Friedhelm Litzinger, Sebastian Reucher, Elmar
504	2017	Langevin and Kalman Importance Sampling for Nonlinear Continuous-Discrete State Space Models	Singer, Hermann
505	2017	Horizontal versus vertical fiscal Equalization	Anetsberger, Georg Arnold, Volker
506	2017	Formative and Reflective Measurement Models	Singer, Hermann
507	2017	Identifizierung von führenden Köpfen in terroristischen Netzwerken – ein entropiebasiertes Verfahren –	Dellnitz, Andreas Litzinger, Sebastian Rödder, Wilhelm
508	2017	Die Bedeutung der steuerlichen Norm § 5 Abs. 2 EStG für die handelsrechtliche Rechnungslegung	Meyering, Stephan
509	2018	Ein erweitertes Effizienzmaß für DMUs im BCC-Modell – eine ökonomiegerechte DEA-Anpassung –	Rödder, Wilhelm Dellnitz, Andreas Litzinger, Sebastian

510	2018	A concise proof of Gaussian smoothing	Singer, Hermann
511	2018	Empirical evidence on the topological properties of structural paths and some notes on its theoretical explanation	Stijepic, Denis
512	2018	On the predictability of economic structural change by the Poincaré-Bendixson theory	Stijepic, Denis
513	2018	On development paths minimizing the aggregate labor-reallocation costs in the three-sector framework and an application to structural policy	Stijepic, Denis
514	2018	Models of Continuous Dynamics on the 2-Simplex and Applications in Economics	Stijepic, Denis
515	2018	A Note on the Ideological Content of Modern Economic Dynamics Models and Ideology-Reducing Meta-Modeling	Stijepic, Denis
516	2018	Logistik für Versand von Studienmaterialien der FernUniversität in Hagen – Optimierte Bereitstellung bei der Kommissionierung	Brenner, Dominic Gädeke, Andre Kulmann, Friedhelm Kleine, Andreas
517	2019	Zur Quantifizierung von Macht und Machtallianzen – ein struktureller Ansatz in sozialen Netzwerken –	Dellnitz, Andreas Rödder, Wilhelm